

Löszön kialakult különböző típusú magyarországi talajok erodálhatósága

KLIMES-SZMIK ANDOR

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A talaj lepusztulását kiváltó és befolyásoló tényezőket a legátfogóbban kétségtelenül WISCHMEIER és SMITH [10] értékelik. Az átlagos évi talajvesztés becslésére (A) az alábbi egyenletet állították fel:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot Q \cdot P \quad (1)$$

amelyben K a talajsajátságokat jellemző tényező.

A K -tényező azonban különböző talajsajátságokat, topográfiai és időjárás elemeket egyesít magában, amelyek kölcsönös összefüggéseikkel kerülnek be az (1) egyenletbe.

A talajpusztulást befolyásoló főbb talajtani tényezők STEFANOVITS [9] szerint az alábbiak: a talaj szerkezete, nedvességi állapota, vízgazdálkodása.

E tényezők számszerű értékét nagy mértékben a talaj tömegét képező szerkezeti egységek (aggregátumok, morzsák) fizikai jellemzői határozzák meg, vagyis

$$\begin{array}{l} \text{az aggregátumok} \left\{ \begin{array}{l} \text{nagyság szerinti eloszlása,} \\ \text{vízállósága} \left\{ \begin{array}{l} \text{porozitása,} \\ \text{nedvességi állapota.} \end{array} \right. \end{array} \right. \end{array}$$

Ezeket a fizikai jellemzőket vizsgáltuk löszön kialakult különböző típusú talajainkon.

A talajmorzsák nagyság szerinti eloszlása határozza meg a talaj szerkezetét és egyes vízgazdálkodási sajátságait is. Az 1. ábra egy tisztántúli csernozjom agyagos, homokos vályog és egy agyagtalaj (A -szint) mintájából kiszitált, különböző morzsafrakciókból készített oszlopokban meghatározott porozitásvizonyokat tünteti fel [4]. Látható, hogy a két különböző szemcseösszetételű talajban egyaránt a kb. 2 mm átmérőjű morzsák képezik azt a határt, amelynél a pórustér jellege megváltozik: az ezeknél kisebb aggregátumokból álló oszlopokban a P_g (gravitációs pórustér) rovasára a P_{g-kap} (gravitációs kapilláris pórustér) nő, és legnagyobb értékét a porfrakcióban ($< 0,25$ mm átmérő) éri el. A leromlott szerkezetű talajban tehát a gravitációs pórustér — amely döntő szerepet játszik a talaj víznyelésében — nagy mértékben csökken, és ezáltal nő a felszínen lefolyó víz mennyisége.

A talajlepusztulás első fázisa az aggregátumok felaprózódása, majd ezt követi az anyag elmozdulása lebegő állapotban. A részecskék ülepedése és a turbulens vízáramlás együttesen határozzák meg a lehordott anyag szemcse-

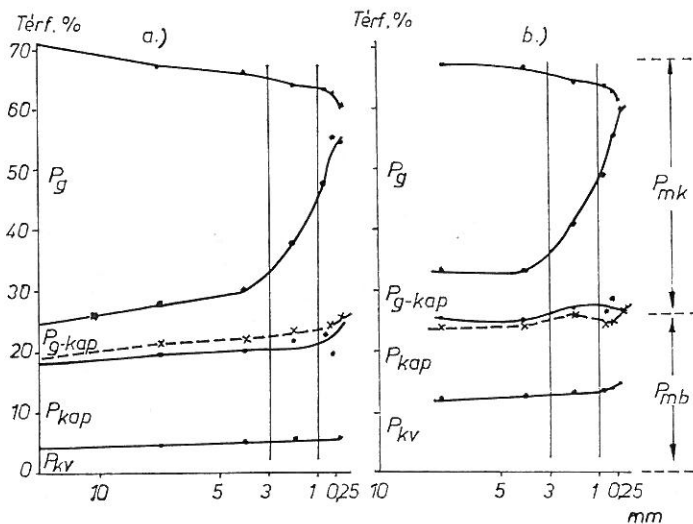
összetételén kívül, elmozdulásának a távolságát is [7]. Ha a szilárd részecskék ülepedésének Stokes-féle egyenletét mikroaggregátumokra alkalmazzuk, kitűnik, hogy adott nagyságú mikroaggregátum a vele azonos nagyságú elemi részecskénél 2–4-szer lassabban ülepedik le, tehát elmozdulási helyétől az utóbbinál sokkal távolabbra kerül.

Az aggregátumok vízállóságának tehát a talajlepusztulás mindkét fázisában fontos szerepe van. Ezért kutatásaink tárgyát főként a talajmorzsák vízállósága képezte.

A talajrészecskéket morzsákká egyesítő erők természetét vizsgáltuk, és erre a célra — már régebben [3] — természetes (M) és mesterséges (m) aggregátumok vízállóságát mértük, a következő gondolatmenet alapján. A talajmorzsák vízállóságát biztosító szerves anyag irreverzibilisen koagulált állapotban van. Ha tehát a morzsákat elporítjuk és ezáltal a szerves anyag ragasztó kötéseit elromboljuk, újbóli nedvesítéskor a talajrészecskék összetartásában csupán mechanikai (adhéziós és kohéziós) erők fognak nedves szitaláskor érvényesülni.

Az aggregátumok legnagyobb vízállósága (M_{\max}) természetes vegetáció (erdő, ősgyep) alatt alakul ki a talajban. A rendszeres földművelés következtében ez a vízállóság különböző mértékben leromlik (M), a vízállóság alsó határát pedig a mesterséges aggregátumok vízállósága (m) képezi [1, 2]. Tehát $M_{\max} > M > m$ a talajmorzsák vízállóságának csökkenő sorrendje.

Az erodálhatóság szempontjából M_{\max} -ra vonatkozó adatainkat a vizsgált erdőtalajok A- és B-szintjében, valamint a csernozjomok A-szintjében értékeltük, továbbá minden talaj mesterséges aggregátumainak a vízállóságát (m) együtt az A-, B- és C-szintben. A művelt talajok természetes morzsáinak a vízállóságát (M) ebből az értékelésből kihagytuk. Ezek az értékek a talaj művelési állapotától függően, jelentősen szórnak.



1. ábra

Csernozjom agyagos, homokos vályog (a) és csernozjom agyagtalaj (b) differenciált porozitása a morzsanagyság függvényében. Szaggatott vonal a morzsák közötti (P_{mk}) és morzsákon belüli (P_{mb}) pórustér elválasztó vonala

A talajmorzsák nedves szitalással meghatározott vízállóságát a vízálló morzsák %-os mennyiségével jellemeztük [5]. A 2. ábrából kitűnik, hogy mind M_{\max} , mind m értékei a talajok leiszapolható részének (L. r.) %-os mennyiségével arányosan változnak.

Ezt a mennyiségi összefüggést az egyenes egyenlete fejezi ki:

$$y = a + b \cdot x$$

amelyben

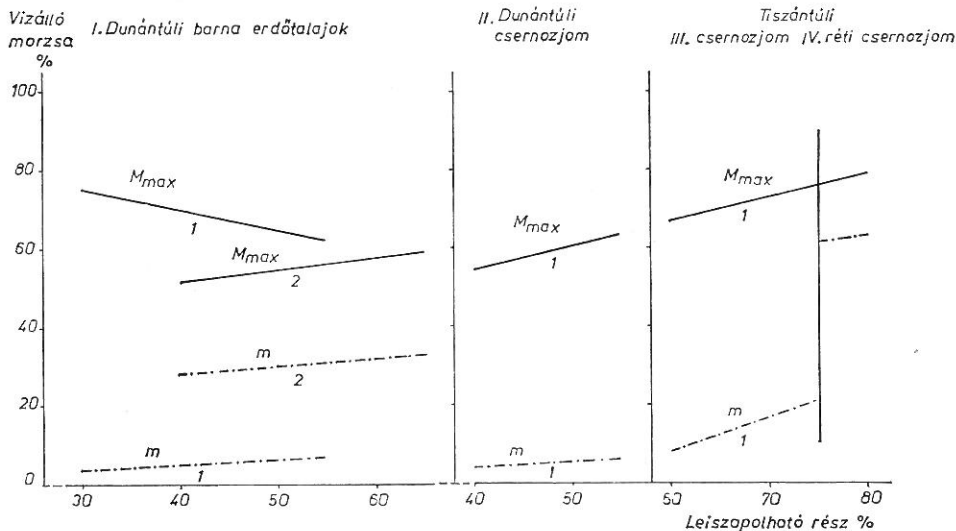
$$y = M_{\max}, \text{ illetve } m \quad (2)$$

$$x = \text{Leiszapolható rész (L. r.)}$$

A (2) egyenlet a és b állandójának számértékeit a vizsgált talajokra az 1. táblázaton tüntettük fel. Az ugyancsak itt feltüntetett r értékek tanúsága szerint a mérési eredmények bár szórnak, de elfogadhatók. Ugyanerre az eredményre jutott — annak ellenére, hogy értékelésének szempontjai a mieinktől kissé eltérnek — MAJOR [8] is.

A dunántúli és tiszántúli csernozjomok A-szintjében a morzsák vízállósága természetes növényzet alatt a L. r. mennyiségével arányosan emelkedik, mert a vízállóságot létrehozó szerves kötések aktív helyeinek a száma növekszik. A dunántúli barna erdőtalajok A-szintjében, a csernozjomokkal ellentétben, a vízállóság a L. r. mennyiségének emelkedésével csökken. Oka valószínűleg a füves és a fás vegetáció egymástól eltérő sajátásaiban, gyökérzetük különböző mélységi eloszlásában keresendő.

A dunántúli erdő- és csernozjom talajok A-szintjében a mesterséges aggregátumok vízállóságának alakulására egyaránt az érvényes, hogy mennyiségük a L. r. mennyiségének függvényében emelkedik, de jóval alacsonyabb szinten. A talajrészecskéket összetartó erők a szerves kötésekénél sokkal gyengébbek. Az erdőtalajok B-szintjében azonban ezek az erők a mesterséges aggregátumok



2. ábra

Löszön kialakult talajok morzsáinak vízállósága természetes vegetáció alatt (M_{\max}) és a művelt talajok mesterséges morzsáié (m). 1 = A-szint; 2 = B-szint

1. táblázat

A vizsgált talajok aggregátumainak vízállósága és a leiszapolható rész közötti mennyiségi összefüggés

(1) Talajtípus	(2) Genetikai szint	(3) Leiszapolható rész %	(4) Vízállóság	(5) A (2) egyenlet állandóinak számértéke		r	n
				a	b		
I. Dunántúli barna erdőtalajok	A	30 - 55	M_{\max}	89,5	-0,50	0,60	6
	A,C		m	—	0,13	0,55	44
	B	40 - 65	M_{\max}	40,1	0,30	0,72	7
	B		m	19,8	0,20	0,91	20
II. Dunántúli csernozjom	A	40 - 55	M_{\max}	30,0	0,61	0,55	8
	A,B,C			—	0,11	0,64	20
III. Tiszántúli csernozjom és réti csernozjom	A	60 - 80	M_{\max}	30,0	0,61	0,58	6
	A,B,C	60 - 75	m	10,3	0,14	0,77	19
	A,B,C	75 - 80	m	39,8	0,29	0,72	10

n = az értékelte adatok száma.

vízállóságát az A-szintének mintegy ötszörösére fokozzák. Ennek a talajlepusztulás szempontjából nagy jelentősége van.

A tiszántúli csernozjom agyag- és réti csernozjom nehéz agyagtalajok mesterséges aggregátumainak vízállósága rohamosabban nő, mint a dunántúli talajokban, és legnagyobb értékét ugrásszerűen a nehéz agyagtalajokban éri el. Nyilvánvaló, hogy ennek oka a dunántúli típusos és a tiszántúli infúziós lösz közötti különbségeknek tulajdonítható. Ezek a különbségek pedig mind a szemcseösszetételre, mind pedig az uralkodó agyagásványok típusára egyaránt vonatkoznak.

M_{\max} és m határértékeit a (2) egyenlet állandói (1. táblázat) alapján számítva a 2. táblázat tartalmazza. Ugyanitt találjuk az $\frac{m}{M_{\max}} \cdot 100$ érték-

számokat is, amelyek azt fejezik ki, hogy a természetes vegetáció alatt a morzsa-képzés hány %-ban tulajdonítható mechanikai erőknél. Ezek a mutatók is jól érzékeltetik a dunántúli és tiszántúli erdő-, illetve csernozjom talajok közötti különbséget.

A morzsák vízállóságát jelentős mértékben befolyásolja a talaj nedvességi állapota. A 3. ábra tiszántúli csernozjom és réti talajok A-szintjéből vett morzsák vízállóságát tünteti fel DVORACEK és DVORACEKNÉ [1] nyomán légszárazon és kapilláris telítés után meghatározva, a L. r. mennyiségének függvényében. Jól érzékelhető, hogy a művelt talajok viszonylag kis vízálló morzsái kapillárisan telítve elérik az öszipy alatti talaj morzsáinak vízállóságát. Az eredményeket feltüntető görbék összetartók, és a nehéz agyagtalajokban nagyjából elmosódnak a különbségek. Ez a talajrészecskéket és a mikroaggregátumokat összetartó erők természetéből önként következik.

A talajmorzsák fokozott vízállósága nedves állapotban a természetben azonban sajnos csak ritkán érvényesül a tavasz—ősi időszakban; csak nagyon kis (kb. < 5 mm/h) intenzitású esők esetén.

2. táblázat

 M_{\max} és m számított határértékei a (2) egyenlet alapján

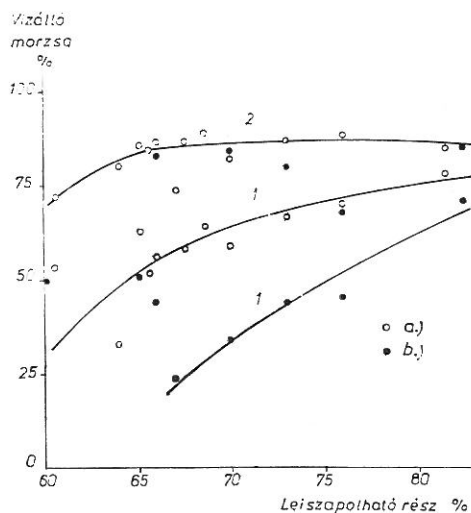
(1) Talajtípus	(2) Genetikai szint	(3) Leiszapol- ható rész	M_{\max}	m	$\frac{M_{\max}}{m} \cdot 100$ középérték
I. Dunántúli barna erdőtalajok	A	30 - 55	72,5 - 62,5	3,9 - 7,2	8,5
	B	40 - 65	52,0 - 59,5	28,0 - 33,0	54,6
II. Dunántúli csernozjom	A	40 - 55	54,4 - 63,6	4,4 - 6,1	8,5
III. Tiszántúli csernozjom	A	60 - 75	66,6 - 75,8	18,7 - 20,8	27,8
réti csernozjom	A	70 - 75	75,8 - 78,8	61,8 - 63,2	81,7

DVORACSEK és DVORACSEKNÉ [1] mérési eredményei alapján a vizsgált talajok morzsáinak porozitása 30 és 45% között változik a L. r. mennyiségével nagyjából fordított arányban.

A löszön kialakult erdő- és csernozjom talajok morzsáinak vízállóságára vonatkozó vizsgálataink alapján az (1) egyenlet K -tényezőjével kapcsolatban a talajok erodálhatóságának jellemzésére (E) az alábbi egyenletet tartjuk alkalmasnak:

$$E = \left(\frac{100}{m} + \frac{M_{\max} - M}{100} \right) \frac{I}{A} \quad (3)$$

amelyben I = a talaj szemcseösszetételéből az iszapfrakció %-os mennyisége,
 A = a talaj szemcseösszetételéből az agyagfrakció %-os mennyisége.



3. ábra

A morzsák vízállósága 1: légszárazon és 2: kapilláris telítés után csernozjom és réti talajok A-szintjében. a) Ösgyep alatt; b) Művelt talajban

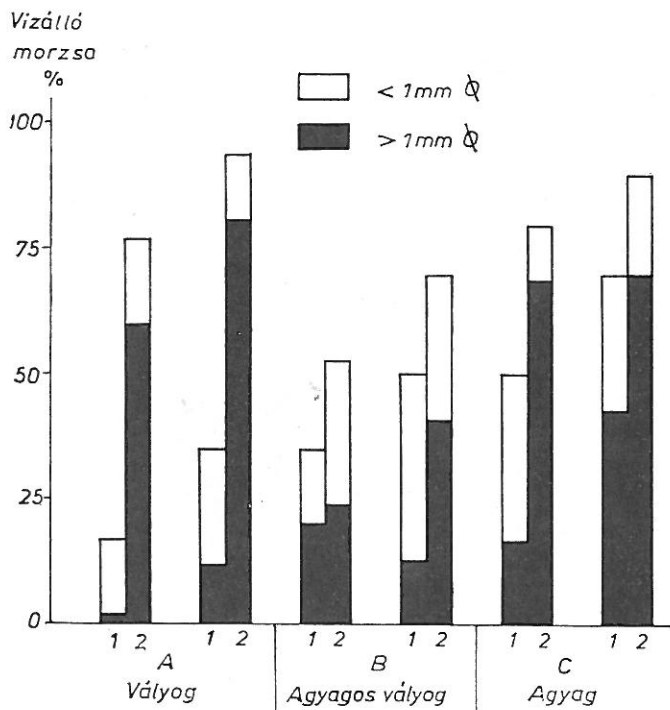
3. táblázat

A vizsgált talajok erodálhatósága a (3) egyenlet alapján

(1) Talajtípus	(2) Gene- tikai szint	$\frac{100}{m}$	$\frac{M_{max}}{100}$	$\frac{M}{100}$	$\frac{I}{A}$	E a talaj ero- dáltsága
				középérték		
I. Dunántúli barna erdőtalajok	A	25,64—14,0	0,725—0,625	0,336	1,5	39,0—21,5
	B	3,57— 3,0	0,520—0,595	0,496	1,1	4,0— 3,4
II. Dunántúli cser- nozjom	A	23,0 —16,4	0,544—0,635	0,311	1,5	23,4—16,9
III. Tiszántúli cser- nozjom	A	5,35— 4,8	0,666—0,758	0,613	0,75	4,1— 3,7
IV. Tiszántúli réti csernozjom	A	1,62— 1,6	0,758—0,788	0,601	0,40	0,7

A (3) egyenlet a morzsák nedvességi állapotát jellemző adatot, a fentebb elmondottak alapján, nem tartalmaz. Továbbá hiányzik a morzsák porozitása is, mert a morzsák vízállóságának mértékében jut kifejezésre.

E értékeit a vizsgált talajokra a 2. táblázaton feltüntetett adatok figyelembevételével a 3. táblázaton találjuk. Az M értékre vonatkozó adatokat, a



4. ábra

Kezeletlen (1) és Solakrollal permetezett (2) talaj felszíni (0–2 cm-es) rétegében a talaj-morzsa vízállósága. A) Vályog; B) Agyagos vályog; C) Agyag

már említett jelentős szórásuk miatt, e táblázat számára átlagoltuk, és ugyanígy jártunk el az $\frac{I}{A}$ hányadossal kapcsolatban is.

A (3) egyenlet szerint a számított E -értékek jól jellemzik a vizsgált talajokat erodálhatóságuk szempontjából.

A talajmorzsák vízállósága *szerkezet stabilizáló műanyagokkal* jelentős mértékben fokozható. A hazai műanyag, Solakrol morzsastabilizáló hatását nagyszámú vizsgálataink [6] eredményei alapján a 4. ábrán tüntettük fel. Ezzel kapcsolatban két figyelemreméltó tényrt kell kiemelni. Az egyik az, hogy a Solakrol a rendszeresen művelt, tehát jelentős mértékben leromlott szerkezetű talajok morzsáinak vízállóságát a természetes vegetáció alatti talajénak szintjére emeli, és ezért éppen a legjobban erodálódó talajok felszínére permetezve a leghatásosabb. A másik fontos jellemzője, hogy jelentős mértékben növeli az 1 mm-nél nagyobb vízálló morzsák %-os mennyiségét, amelyek a talaj lepusztulásának sokkal nagyobb valószínűséggel állnak ellen, mint az 1 mm-nél kisebb morzsafrakciók.

A talajok erodálhatóságára vonatkozó (3) egyenlet módosítása az lehetne, hogy az összes ($> 0,25$ mm) vízálló morzsa mennyisége helyett csak az 1 mm-nél nagyobb morzsafrakciókat vennénk számításba, vagy nagyság szerinti megoszlásukat %-ok helyett más módon számított mutatóval jellemeznénk. Erre a célra azonban további vizsgálatok lennének szükségesek.

Összefoglalás

A talajlepusztulás első fázisa az aggregátumok felaprózódása, majd ezt követi az anyag elmozdulása a talaj felszínén lefolyó vízben. Az aggregátumok vízállóságának a talajlepusztulás mindkét fázisában fontos szerepe van és — a többi tényező szempontjából azonos körülmények között — a lehordott talaj mennyiségével szorosan összefügg.

A talaj erodálhatóságát a természetes és mesterséges aggregátumok, nedves szítással meghatározott, vízállóságával jellemeztük a következő gondolatmenet alapján. A talajmorzsák vízállóságát biztosító szerves anyag irreverzibilisen koagulált állapotban van. Ha az aggregátumokat elporítjuk és ez által a szervesanyag ragasztó kötéseit elromboljuk, újbóli nedvesítéskor a talajrészecskék összetartásában csak adhéziós és kohéziós erők érvényesülnek.

Az aggregátumok legnagyobb vízállósága (M_{\max}) természetes (erdő, ősgyep) vegetáció alatt alakul ki a talajban. A rendszeres földművelés következtében ez a vízállóság leromlik (M) és alsó határát a mesterséges aggregátumok vízállósága (m) képezi.

A talaj erodálhatóságának (E) jellemzésére az alábbi képletet ajánljuk:

$$E = \left(\frac{100}{m} + \frac{M_{\max} - M}{100} \right) \frac{I}{A}$$

A képletben a fenti három mutatón kívül még a talaj szemcseösszetételéből az iszap- (I) és agyag- (A) frakció %-os mennyiségének a hányadosa is szerepel, mint az aggregátum képződés potenciális lehetőségének a jellemzője.

Hazai, löszön kialakult talajaink E értéke tág határok (0,7–39) között változik. Ez a helyszíni megfigyelésekkel jól megegyezik.

Bár az aggregátumok vízállóságát a talaj nedvességi állapota jelentősen befolyásolja, ez az időjárási viszonyoktól függően változó mutató a képletben nem szerepel.

A Solakról (hidrolizált poliakrilsav Na-sójának vizes oldata) a különböző mértékben leromlott szerkezetű talajok morzsáinak vízállóságát a természetes vegetáció alatti talajának szintjére emeli, és ezért éppen a legjobban erodálódó talajok felszínére permetezve a leghatásosabb. Morzsastabilizáló hatásának alapvető jellemzője az, hogy alkalmazása nyomán főként az 1 mm-nél nagyobb morzsák mennyisége gyarapszik. Ez nem érvényesül a talajok erodálhatóságát (E) jellemző egyenletben.

Az egyenlet módosítása az lehetne, hogy az összes vízálló morzsa helyett csak az 1 mm-nél nagyobb morzsafrakciókat vennénk számításba. Erre a célra azonban további vizsgálatok szükségesek.

Irodalom

- [1] DVORACEK, M., DVORACEK, M.-né & VADÁNYI, M.: Ősállapotú és művelt talajok szerkezete. MTA Agrártud. Oszt. Közlem. **9.** 111—157. 1956.
- [2] DVORACEK, M., KLIMES-SZMIK, A. & B. FEJÉR, S.: Adatok magyarországi talajok szerkezeti állapotáról. Agrokémia és Talajtan. **1.** 479—494. 1952.
- [3] DVORACEK, M., KLIMES-SZMIK, A. & B. FEJÉR, S.: A kötöttség befolyása a talaj-morzsa vízállóságára. Agrokémia és Talajtan. **2.** 17—26. 1953.
- [4] KLIMES-SZMIK, A.: A talajok pórusterének beosztása a víz mozgása alapján. Agrokémia és Talajtan. **11.** 41—54. 1962.
- [5] KLIMES-SZMIK, A.: A talaj fizikai tulajdonságainak vizsgálata. In: Talaj- és trágyavizsgáló módszerek. 83—131. (Szerk.: BALLENEGGER, R. & DI GLÉRIA, J.) Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1962.
- [6] KLIMES-SZMIK, A.: A Solakról morzsastabilizáló hatása különböző szemcseösszetételű talajainkon. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Évi Jelentése. Budapest. 54—56. 1958.
- [7] KLIMES-SZMIK, A.: A lejtőn mozgó víz mechanikája. A Talajvédelmi levelező szakmérnöki tanfolyam anyaga. Agrártud. Egyet. Gödöllő. 1—12. (Kézirat). 1968.
- [8] MAJOR, I.: Aggregátum-minőségi elemzések felhasználása a talaj erodálhatósága megítélésében. Kísérletügyi Közlem. Növénytermesztés. **66/A.** 19—33. 1973.
- [9] STEFANOVITS, P.: Talajtan. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1975.
- [10] WISCHMEIER, W. H. & SMITH, D. D.: Soil-loss estimation as a tool in soil and water management planning. Int. Assoc. Sci. Hydrol. Com. of Land Erosion. Symposium of Bari. Publ. No. 59. 148—159. 1962.

Érkezett: 1978. november 28.

Erodibility of Hungarian Soils Developed on Loess

A. KLIMES-SZMIK

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Water erosion is due to the dispersive and transporting power of water in form of runoff. The water stability of the soil aggregates has an important role in both phases of the soil erosion process and — under comparable conditions — is closely related to the amount of the soil losses.

The erodibility of soils was characterised by the water stability of both the natural and artificial aggregates determined by wet sieving on basis of the following assumption. For the preparation of artificial aggregates we used in mortar pulverized material. It was believed that by this treatment will be destroyed the irreversibly coagulated coatings (or-

gano-mineral complexes) responsible for the aggregate formation and stability respectively. Preparing artificial aggregates these coatings can not be regenerated. In this case are only adhesive and cohesive forces acting in binding together the coarser particles and small structural units, whose activity depends upon the clay content of the soil.

The maximum water stability (M_{\max}) we find in virgin forest and prairie soils. After continued cropping and cultivation the soil structure deteriorates to different extent (M) and the lower limit represents the water stability of the artificial aggregates (m).

It was proposed the following formula for the characterization of the erodibility (E) of soils:

$$E = \left(\frac{100}{m} + \frac{M_{\max} - M}{100} \right) \cdot \frac{I}{A}$$

In this formula represents I and A the percentage of the silt (0,02–0,002 mm) and the clay (< 0,002 mm) fraction taken from the mechanical composition of the soil. The quotient indicates the structure capacity.

The E value of the Hungarian soils developed on loess varies between large limits (0,7–39). This agree with the field observations.

Although the water stability is greatly influenced by the moisture content of the soil it does not figure in our formula due to the remarkable changes of the weather conditions.

Solakrol (Na-salt of the hydrolized Polyacrylic acid) increases the water stability of soils with deteriorated structure until the level of those under natural vegetation; therefore is very efficient spread out on the surface of eroded soils.

The beneficial effect of Solakrol is characterized by the fact that after treatment chiefly the rate of water stable aggregates greater than 1 mm will be increased. This fact do not reflect the formula of the E value.

Further development of the formula could be to take into consideration instead of the whole amount of water stable aggregates only those greater than 1 mm. For this purpose further investigations would be desirable.

Table 1. Quantitative relation between the water stability of aggregates and the percentage of the sum of silt and clay fraction. (1) Soil types: I. Brown forest soils in Transdanubia; II. Chernozem in Transdanubia; III. Chernozem and Meadow chernozem of beyond the Tisza river. (2) Genet. Horizon. (3) Percentage of the sum of silt and clay fraction. (4) Percentage of water stable aggregates: M_{\max} = under natural vegetation, m = of artificial aggregates. (5) Numerical values of the constants in equation (2).

Table 2. Limits of M_{\max} and m calculated on basis of equation (2). Notation see in Table 1.

Table 3. Erodibility of the investigated soils calculated on basis of formula (3). (1)–(2) see in Table 1. I/A = Quotient of the silt and clay fraction. E = Erodibility of soils.

Fig. 1. Differential porosity of *a*) a chernozem, clayey sandy loam and *b*) a chernozem clay soil plotted against the size of aggregate fractions. Horizontal axis: Average diameter of the aggregate fractions, mm. Vertical axis: Percentage by volume. P_g = grav. porosity, P_{g-kap} = grav.-capillary porosity, P_{kap} = capillary porosity, P_{kv} = porosity of bound water. Boundary (dotted) line: separating the pore space between aggregates (P_{mk}) from that inside (P_{mb}) of them.

Fig. 2. Water stability of the natural aggregates under natural vegetation (M_{\max}) and that of the artificial aggregates of all investigated soils (m). Horizontal axis: sum of the silt and clay fraction, %. Vertical axis: Percentage of water stable aggregates. Soil types: I. Brown forest soils in Transdanubia; II. Chernozem in Transdanubia; III. Chernozem of beyond the Tisza river; IV. Meadow chernozem of beyond the Tisza river. 1 = A horizon, 2 = B horizon.

Fig. 3. Water stability of aggregates 1. in air dry condition, 2. after capillary saturation in the A horizon of chernozem and forest soils *a*) under grass vegetation, *b*) in the ploughed layer. Both horizontal and vertical axes: see in Fig. 2.

Fig. 4. Water stability of aggregates in the upper (0–2 cm) layer of soils untreated (1), after treatment with Solakrol (2). Vertical axis: see in Fig. 2. *A*) loam, *B*) clay loam, *C*) clay.

Die Erodierbarkeit ungarischer Böden aus Löss

A. KLIMES-SZMIK

Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Die erste Phase der Bodenabtragung ist die Zerkleinerung der Aggregate der dann die Verlagerung des Materials in oberflächlich abfließendem Wasser folgt. Die Wasserbeständigkeit der Aggregate spielt eine wichtige Rolle in beiden Phasen der Bodenabtragung und — unter vergleichbaren Verhältnissen — hat enge Beziehung zur Menge des abgetragenen Bodens.

Die Erodierbarkeit des Bodens wurde mit der Nasssiebmethode bestimmten Wasserbeständigkeit der natürlichen und künstlich hergestellten Krümel auf Grund des folgenden Gedankenganges charakterisiert. Zur Herstellung der künstlichen Aggregate wurde vorher im Mörtel zerriebener Boden verwendet. Durch diese Behandlung werden diejenigen organo-mineralischen Häutchen zerstört, die sich infolge irreversibler Koagulation auf der Oberfläche der Struktureinheiten ausgebildet haben und als wertvolle Kittsubstanz dieselben zusammenhalten. Diese Bindungen können bei der Herstellung der künstlichen Aggregate nicht wieder regeneriert werden. In diesem Fall bleiben bloss die Kräfte der Adhäsion und Kohäsion tätig, deren Wirkungsgrad sich nach dem Tongehalt des Bodens richtet.

Die maximale Wasserbeständigkeit (M_{\max}) der Aggregate findet man unter Urvegetation (Waldbestand, Rasen). Infolge langjährigen Ackerbaues wird diese Wasserbeständigkeit in verschiedenem Mass zerstört (M) und die untere Grenze derselben bildet die Wasserbeständigkeit der künstlich hergestellten Aggregate (m).

Zur Charakterisierung der Erodierbarkeit (E) des Bodens wird die folgende Formel empfohlen:

$$E = \left(\frac{100}{m} + \frac{M_{\max} - M}{100} \right) \cdot \frac{I}{A}$$

In dieser Formel sind I und A die Menge der Schluff- (0,02 bis 0,002 mm), bzw. der Tonfraktion (< 0,002 mm) aus der Korngrössenzusammensetzung des Bodens in %. Der Quotient der beiden Kornfraktionen charakterisiert die potenzielle Fähigkeit des Bodens zur Aggregatbildung.

Der E -Wert der einheimischen Lössböden schwankt innerhalb weiter Grenzen (0,7—39). Das stimmt gut überein mit den Beobachtungen im Feld.

Trotzdem die Wasserbeständigkeit der Aggregate vom Feuchtigkeitszustand des Bodens beträchtlich beeinflusst wird, diese, von der Witterung stark veränderliche Grösse, ist in der Formel nicht enthalten.

Der strukturstabilisierende Solakrol (Na-Salz der hydrolisierten Polyacrylsäure) erhöht die Wasserbeständigkeit in der Ackerkrume auf das Niveau der Böden unter Urvegetation und ist deshalb besonders wirksam auf der Oberfläche erodierter Böden.

Die aggregatstabilisierende Wirkung des Solakrols ist dadurch gekennzeichnet, dass nach solcher Behandlung hauptsächlich der wasserbeständige Krümelanteil über 1 mm erhöht wird. Diese Tatsache widerspiegelt sich aber nicht in der Formel des E -Wertes.

Eine Weiterentwicklung der Formel könnte sein, dass an Stelle der Gesamtmenge der wasserbeständigen Aggregate nur die derjenigen über 1 mm in Rechnung genommen würde. Für diesen Zweck sollten aber noch weitere Untersuchungen vorgenommen werden.

Tabelle 1. Quantitativer Zusammenhang zwischen der Wasserbeständigkeit der Bodenaggregate und der Menge des abschlämmbaren Teiles. (1) Bodentyp: I. Braune Waldböden in Transdanubien; II. Tschernosem in Transdanubien; III. Tschernosem und Wiesen-Tschernosem jenseits der Theiss. (2) Genet. Horizont. (3) Abschlämmbarer Teil (die Summe der Schluff- und Tonfraktion), %. (4) Wasserstabilität, %: M_{\max} -wasserstabiler Krümelanteil unter Urvegetation, m — Anteil der wasserstabilen künstlich hergestellten Krümel. (5) Numerische Werte der Konstanten der Gleichung (2).

Tabelle 2. Berechnete Grenzwerte für M_{\max} und m auf Grund der Gleichung (2). Bezeichnungen s. in Tab. 1.

Tabelle 3. Die Erodierbarkeit der untersuchten Böden, berechnet auf Grund der Formel (3). (1) — (2) s. in Tab. 1. I/A = der Quotient der Schluff- und Tonfraktion. E = die Erodierbarkeit des Bodens.

Abb. 1. Die differenzierte Porosität *a*) eines Tschernosem tonig sandigen Lehm-bodens und *b*) eines Tschernosem Tonbodens in Abhängigkeit von der Krümelgröße. Horizontale Achse: Krümeldurchmesser, mm. Vertikale Achse: Volumprozent. P_g = Gravitationsporenraum, P_{g-kap} = Gravitations-Kapillar-Porenraum, P_{kap} = Porenraum des Kapillarwassers, P_{kv} = Porenraum des gebundenen Wassers. Gestrichelt: die Grenzlinie zwischen der Porosität zwischen den Krümel (P_{mk}) und innerhalb der Krümel (P_{mb}).

Abb. 2. Die Wasserstabilität der natürlichen Bodenkrümel unter Urvegetation (M_{max}) und die der künstlich-hergestellten Krümel aller untersuchten Böden (m). Horizontale Achse: Abschlümmbarer Teil, %. Vertikale Achse: Wasserbeständiger Krümelanteil, %. Bodentyp: I. Braune Waldböden in Transdanubien; II. Tschernosem in Transdanubien; III. Tschernosem jenseits der Theiss; IV. Wiesen-Tschernosem jenseits der Theiss. 1 = A Horizont, 2 = B Horizont.

Abb. 3. Die Wasserbeständigkeit der Krümel 1) lufttrocken, 2) nach kapillarer Sättigung im A Horizont der Tschernosem und Waldböden *a*) unter Rasen, *b*) in der Ackerkrume. Horizontale und vertikale Achse: s. beide in Abb. 2.

Abb. 4. Die Wasserbeständigkeit der Krümel in der oberen (0-2 cm) Schicht unbehandelter (1) und mit Solakrol behandelter Böden (2). A) Lehm, B) toniger Lehm, C) Ton. Vertikale Achse: s. in Abb. 2.

Эродированность различных типов венгерских почв образованных на лёссе

А. КЛИМЕШ-СМИК

Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

Эродированность почвы характеризовали водопрочностью естественных и искусственных агрегатов, определенной методом мокрого просеивания, исходя из следующих соображений. Органическое вещество, обеспечивающее водопрочность почвенных агрегатов, находится в необратимо коагулированном состоянии. Если растереть агрегаты и разрушить склеивающие свойства органического вещества, при повторном мокром просеивании почвенные частички будут удерживаться только силами адгезии и когезии.

Самая высокая водопрочность агрегатов (M_{макс}) наблюдается в почвах под естественной растительностью (лес, целина). В результате систематической обработки почвы водопрочность агрегатов (M) снижается и ее нижнюю границу составляет водопрочность искусственных агрегатов (m).

Для характеристики эродированности почвы (E) предложили следующее уравнение:

$$E = \left(\frac{100}{m} + \frac{M_{\max} - M}{100} \right) \cdot \frac{I}{A}$$

Кроме трех указанных показателей, в уравнение входит процентное соотношение фракций ила (I) и глины (A), определенных при механическом анализе, как показатель потенциальной возможности образования агрегатов.

Величины «E» венгерских почв образованных на лёссе изменяются в широких пределах (между 0,7—39). Это находится в полном соответствии с полевыми наблюдениями. Хотя водопрочность почвенных агрегатов в большой мере зависит от влажности почвы, этот показатель, изменяющийся в зависимости от погодных условий, в уравнение не входит.

Стабилизатор почвенной структуры «Солокросл» (водный раствор полиакрилата натрия) повышает водопрочность структуры почв нарушенного сложения до уровня водопрочности агрегатов, образованных в почвах под естественной растительностью, поэтому проявляет наибольший эффект именно при обработке поверхности почв наиболее склонных к эрозии.

Основным показателем эффективности стабилизации агрегатов является то, что в результате обработки препаратом в почве увеличивается содержание агрегатов размером больше 1 мм. Это не отражается в уравнении, характеризующем эродированность почвы (E).

Модифицировать данное уравнение можно таким образом, что вместо общего количества водопрочных агрегатов следует учитывать только фракции размером более 1 мм. Для этого необходимы дальнейшие исследования.

Табл. 1. Зависимость между водопрочностью почвенных агрегатов и количеством илистых фракций. (1) Почвенный тип: I. Задунайские бурые лесные почвы; II. Задунайские черноземы; III. Затиссайский чернозем и луговой чернозем; (2) Генетический горизонт. (3) Илистые фракции %. (4) Водопрочность агрегатов в %: $M_{\text{макс}}$ = водопрочность естественных агрегатов в почвах под лесной и травянистой растительностью. m = водопрочность искусственных агрегатов. (5) Числовые величины постоянных, входящих в уравнение (2).

Табл. 2. Предельные величины $M_{\text{макс}}$ и m рассчитанные по уравнению (2). Обозначения смотри в таблице 1.

Табл. 3. Эродируемость изученных почв на основании уравнения (3). (1)–(2) смотри в таблице 1. A = соотношение ила и глины в %. E = эродируемость почвы.

Рис. 1. Дифференциальная порозность в зависимости от размера агрегатов, определенная в тяжелосуглинстом и суглинистом черноземах (а) и в глинистом черноземе (б). По горизонтальной оси: диаметр агрегатов в мм. P = порозность; g = поры занятые гравитационной водой; $кап$ = капиллярной водой; kv = связанной водой. Прерывистая линия: линия разделяющая поровое пространство между агрегатами (P_{mk}) и внутри агрегатов (P_{mb}). По вертикальной оси: объемные проценты.

Рис. 2. Водопрочность агрегатов в почвах образованных на лёссе под естественной растительностью ($M_{\text{макс}}$) и искусственных агрегатов (m). По горизонтальной оси: Илистая часть в %. По вертикальной оси: процентное содержание водопрочных агрегатов. Тип почвы: I. Задунайская бурая лесная почва; II. Задунайский чернозем; III. Затиссайский чернозем; IV. Затиссайский луговой чернозем. 1 = горизонт А. 2 = горизонт В.

Рис. 3. Водопрочность агрегатов: в горизонте А чернозема и луговой почвы в воздушно-сухом состоянии (1) и капиллярно насыщенных (2) водой. а) Под дерниной; б) В окультуренной почве. По горизонтальной оси: илистая часть %. По вертикальной оси: процентное содержание водопрочных агрегатов.

Рис. 4. Водопрочность почвенных агрегатов (в %) в верхнем 0–20 см слое почвы не-обработанной (1) и обработанной Солокромом (2). А) Суглинок. В) Тяжелый суглинок. С) Глина.